Предприятие п/я Г-4149

[redacted]

Экз.№ 13

"УТВЕРЖДАЮ"
Директор предприятия
(ГУСЕВ)
"VI" X 1969г.

ИТОГОВЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ ПО ТЕМЕ "ГАЛАКТИКА"

Том I

Основные направления развития космической радиоэлектроники

ГЛАВНЫЙ КОНСТРУКТОР (РЯЗАНСКИЙ)

Заместитель главного конструктора (ГАЛИН)

Заместитель главного конструктора (СОРОКИН)

Заместитель главного конструктора (ВАСИЛЬЕВ)

Заместитель главного конструктора (СЕРГЕЕВ)

Заместитель главного конструктора (ЧУРКИН)

Заместитель главного конструктора (СЕЛИВАНОВ)

Начальник проектно-теоретического отдела (ЧЕРЕВКОВ)

1969

[redacted]

ИСПОЛНИТЕЛИ

ГАЛИН Е.Н.	– начальник отделения I
ЧЕРЕВКОВ К.В.	– начальник отдела
ТРАХТМАН А.М.	– зам.начальника отдела доктор технических наук
КИРЕЙЧЕНКО В.И.	– начальник лаборатории
БРЕГМАН Б.М.	– начальник лаборатории кандидат технических наук
ВИНИЦКИЙ А.С.	– начальник лаборатории доктор технических наук
АЛЕКСАНДРОВ М.И.	– старший инженер

[redacted]

[redacted]

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Введение .....

Глава I. Вопросы дальнейшего развития космической радиоэлектроники .....

Глава II. Анализ предложений по отечественной программе исследования космического пространства с точки зрения ее радиообеспечения .....

§ I. Лунная программа .....

§ 2. Программа исследования дальнего космического пространства .....

Глава III. Основные направления научно-исследовательских и поисковых работ в соответствии с темой "Галактика" .....

Глава IУ. Краткий обзор итогового отчета НИИ приборостроения по теме "Галактика"

[redacted]

ВВЕДЕНИЕ

Истекшее десятилетие было периодом становления космической радиоэлектроники.

Первоначально в ее задачи входили только траекторные измерения, передача с об"екта телеметрических данных и передача на об"ект команд управления.

Постепенно эти задачи усложнялись. Непрерывно повышались требования к точности измерений и расширялся состав измеряемых параметров. Увеличение дальности полета требовало повышения энергетического потенциала радиолинии за счет увеличения размеров антенн, мощности передатчиков и чувствительности приемников. Усложнение космических об"ектов и особенно появление пилотируемых кораблей привело к резкому увеличению об"ема передаваемой информации. Помимо телеметрии потребовались передача речи, телевидения, фотоинформации. Задачи стыковки об"ектов и посадки на Луну вызвали к жизни первые автономные радиоизмерители. Резко возросли требования к надежности аппаратуры.

Этапами развития космической радиоэлектроники являлись запуски об"ектов того или иного назначения. Для обеспечения таких запусков разрабатывались и внедрялись новые системы, основанные на новых принципах.

В структуре радиосистемы явно обозначились "напластования", связанные с об"ектами того или иного типа.

Развитие радиосистемы происходило и в географическом отношении – для обеспечения длительных сеансов связи в разное время суток и для создания больших измерительных баз строились новые наземные пункты, разбросанные по всей территории страны.

[redacted]

В конце концов потребовалось выйти за пределы страны и были созданы плавучие пункты измерений и приема информации с космических об"ектов.

Несмотря на то, что это развитие в сильной степени зависело от всех перипетий плана освоения космического пространства, в его процессе были разработаны принципы космической связи и управления, создана необходимая аппаратура и обеспечены все пуски космических об"ектов.

Радиотехнические системы космических об"ектов и наземного командно-измерительного комплекса успешно справлялись со своими задачами.

В то же время они нуждаются в планомерном существенном дальнейшем развитии, так как, в противном случае, они не смогут обеспечить предстоящие работы в космосе.

В научно-техническом отчете по теме "Галактика" I этапа предпринята попытка разработать единый план, об"единяющий основные направления развития космической радиоэлектроники.

[redacted]

Глава I

ВОПРОСЫ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ КОСМИЧЕСКОЙ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Создание специализированных радиокомплексов, предназначенных для конкретных космических об"ектов, позволило накопить значительный арсенал опробованных в натурных испытаниях как принципов построения космических радиосистем, методов передачи и приема информации, методов измерений параметров траектории движения об"ектов, так и принципов построения и организации наземного командно-измерительного комплекса. Однако, начиная с некоторого времени, все в возрастающей степени стало проявляться отрицательное влияние дифференциального подхода к разработкам космических радиокомплексов на прогресс в этой области науки и техники.

Основными причинами этого являются:

I. Ожидаемое большое количество новых космических об"ектов потребует разработки почти такого же числа новых радиокомплексов, так как существующие радиокомплексы имеют специализированные структуры.

2. Уже в настоящее время одновременное радиообслуживание ряда разнородных об"ектов (Л3, Е8, „Марс", „Венера", „Молния") затруднено отсутствием при их проектировании единого принципа в части распределения между ними диапазонов радиоволн.

3. Идеологическая разобщенность и отсутствие разработанной иерархии в управлении в значительной степени затрудняет эксплуатацию сложного и дорогостоящего наземного оборудования, которое

одновременно используется в различных радиолиниях. Кроме того, это мешает комплексному планированию перспективы развития наземных средств с учетом широкого использования автоматизации.

4. Неоправданный рост номенклатуры бортовых и наземных приборов, которые, мало отличаясь по своим выходным параметрам, не могут быть использованы в последующих разработках вследствие их идеологической разобщенности.

Все перечисленные выше отрицательные проявления на современном этапе дифференциального подхода к разработке РК в дальнейшем могут только усугубляться.

В связи с этим ощущается необходимость на основе анализа существующих (или существовавших) отечественных и зарубежных разработок, а также анализа потребностей перспективных ракетных космических комплексов в части их радиообслуживания разработать единую структуру многооб"ектовой и многофункциональной неавтономной космической радиосистемы, которая не устарела бы морально в течение IO-I5 лет от начала разработки.

Можно сформулировать самые общие требования, пред"являемые к структуре такой системы:

I. Структура должна иметь аддитивную и адаптирующуюся основу, позволяющую "набирать" частные радиокомплексы под конкретные об"екты по ТЗ головных предприятий из разработанной ограниченной шкалы бортовых и наземных приборов. (Естественно, что по мере появления новых элементов и развития технологии эта шкала будет изменяться). В результате частные бортовые комплексы будут содержать в своем составе минимум функционально необходимых приборов, а планомерное наращивание средств наземного командно-измерительного комплекса (НКИК) до обеспечения его заданной про-

[redacted]

пускной способности (по количеству обслуживаемых об"ектов) должно будет производиться по этапам, соответствующим срокам создания этих об"ектов. При этом часть оборудования (например, антенны с входными и передающими устройствами) может оказаться общей для всех классов об"ектов (на паритетных или приоритетных началах), а часть - специализированной под определенные классы об"ектов. Особое внимание при проектировании НКИКа должно быть уделено проведению разграничивающих сечений и установлению приоритетности.

2. В жертву унификации не должны приноситься специфические информационные качества подкомплексов, предназначенных для обслуживания конкретных классов или типов об"ектов.

3. Структура должна обеспечивать "свободу развития" различных информационных служб и подсистем.

4. Частные космические радиокомплексы должны обладать способностью оперативного изменения потоков информации, исходящих из космического об"екта и поступающих на него. Всю информацию, которой обменивается КО с внешним миром, можно разделить на два класса:

а) научная информация, получение которой является целью космического эксперимента;

б) служебная информация, обеспечивающая качественное и надежное решение основной задачи.

Приведенная выше классификация является весьма условной. Действительно, во-первых, целью космических экспериментов в ряде случаев, например, на отработочных этапах сложных КО, может являться и получение некоторых видов служебной информации.

[redacted]

В приоритетной борьбе основное значение может иметь сам факт доставки КО в заданный район космического пространства. В большинстве же случаев запуск КО преследует много целей, причем коэффициенты веса каждой из них до сих пор четко не определялись.

Во-вторых, различные виды информации могут быть отнесены как к первому, так и ко второму классам, например, результаты измерения параметров траектории движения об"екта в ряде случаев возможно использовать для уточнения гравитационных аномалий планет и их спутников. Тем не менее для каждого конкретного об"екта в целях наиболее эффективного использования ограниченных пропускных способностей радиоканалов необходимо на основе определения коэффициентов веса преследуемых целей, классифицировать виды информации на основные и вспомогательные, и в соответствии с этой классификацией оптимальным образом распределять загрузку каналов связи.

В приложении 3 к тому П приведен статистический анализ информации, переданной с об"екта В-67 и В-69. Результаты этого анализа показали, что отход от сформулированного выше правила приводит к нерациональному расходованию времени сеансов связи.

Основными результатами разработки единой структуры явятся:

- быстрая компоновка конкретных радиокомплексов, так как унифицированная структура будет предусматривать передачу всех возможных видов информации, а дальности действия будут определяться только произведением коэффициента усиления бортовой приемо-передающей антенны на мощность бортового передатчика, выбранного из нормализованной шкалы мощностей (при реализованном парке наземных приемо-передающих устройств);

– единый принцип построения всех частных комплексов и ограниченная шкала приборов, из которых они строятся, позволят производить постоянный набор статистики по надежности приборов и систем для их усовершенствования.

Выше понятие "единая структура" использовалось в смысле подчинения единой идеологии всех дальних радиокомплексов, создаваемых в НИИ приборостроения. Однако существует еще один аспект идеологической интеграции: подчинение общей идеологии возможно большего числа радиосистем, которыми комплексируются космические об"екты. Эта проблема приобретает все большую актуальность в связи с ростом количества радиосистем, устанавливаемых на космическом корабле, для решения новых задач по освоению космического пространства. Отсутствие общей идеологической координации приводит к тому, что в ряде случаев на борт приходится устанавливать целую систему, во многом дублирующую установленные, но решающую новую необходимую задачу. Примером последствий идеологической разобщенности между радиосистемами может служить набор систем, которые в дополнении к комплексу НКИК решают задачу посадки на Луну:

– посадочный радиолокатор (ПРЛ) – МНИИП;

– корректирующий высотомер (КРВ) – НИИП;

– система стыковки ЛК и ЛОК ("Контакт") – ОКБ МЭИ.

Кроме того к решению этой задачи предполагается привлечь наземный большебазный интерферометр для определения относительных угловых положений об"ектов – НИИП.

Несмотря на привлечение такого конгломерата систем, остались нерешенными вопросы точной посадки ЛК в район ЛКР (с точностью до I км), а также вопросы ввода об"ектов в зону действия

системы "Контакт" при аварийном дальнем сближении. Для решения этих задач предполагается установить на борт новую маячную систему. По-видимому, более рациональным является комплексный подход при проектировании маячной системы, в результате которого удалось бы создать комплекс, обеспечивающий полное или частичное решение задач посадки и взлета.

Перспективные ракетно-космические комплексы выдвигают перед космической радиоэлектроникой новые проблемы, такие как:

- надежное выполнение возложенных на нее задач при отсутствии на борту (или наличии минимального) обслуживающего персонала, в течение длительного времени (3 года и более). При существующей надежности элементов, выпускаемых отечественной промышленностью, выполнение этого требования возможно только за счет использования структурной избыточности на базе микроэлектроники при автоматическом обнаружении, предсказании и исправлении неисправностей;

- все большую автономизацию космического об"екта в части навигации и предоставления максимального об"ема информации бортовым вычислительным средствам или космонавтам для принятия самостоятельных решений.

Эти и ряд других проблем могут быть экономично решены только при условии широкого использования микроэлектроники и вычислительной техники, что невозможно без подчинения всех бортовых радиосистем единой идеологии. Особое значение приобретает вопрос подчинения идеологии радиокомплекса бортовых антенных систем. Бортовые антенные системы, с одной стороны, определяющие энергетические возможности радиокомплекса, а с другой - тесным образом связанные с конструкцией КО и динамикой его полета, до

последнего времени занимали особое промежуточное положение. Однако постоянно увеличивающиеся требования к информативности радиокомплекса и его дальности действия при возрастании веса и размеров КО приводят к необходимости создания параболических антенных систем, "развязанных" с корпусом об"екта. Кроме того, в ряде случаев оказывается целесообразным использование фазированных активных антенных решеток, которые практически полностью "развяз-аны" с корпусом об"екта и принципиально неотделимы от радиокомплекса и спецвычислителя. Отсюда следует, что антенные системы должны рассматриваться как неот"емлемая часть бортового радиокомплекса. Вопрос о применении того или иного типа антенн на перспективных КО различного назначения требует специального углубленного исследования.

В целом радиоэлектронный комплекс представляется как большая информационная система. Образно выражаясь, этот комплекс в большой степени выполняет задачи "органов чувств" об"екта и средств общения его с внешним миром.

Управление такой информационной системой при учете перечисленных выше условий может быть осуществлено только с помощью специализированной вычислительной системы (вычислителя).

Остановимся кратко на функциях, которые должен выполнять подобный вычислитель:

I. Преобразование информации, доставляемой линиями связи к виду, удобному для машинной обработки. В процессе этого преобразования должны решаться задачи цифрового обнаружения и накопления сигнала, использование избыточных свойств сигнала, запоминание параметров сигнала и "сшивание" информации в случае перерывов связи и т.п.

2. Преобразование информации, полученной по линиям связи и измерительным линиям, к виду, удобному для восприятия экипажем.

Этот этап обработки предусматривает, с одной стороны, логическую фильтрацию информации с целью устранения отвлекающей и маловажной в данной ситуации ее части и, с другой стороны, преобразование сигналов, полученных от различных систем к виду, удобному для отображения.

3. Преобразование информации, подлежащей передаче по каналам связи на Землю и другие об"екты.

Этот этап обработки подразумевает устранение избыточности в передаваемой с об"екта информации и адаптации к изменяющимся на борту условиям параметров телеметрического, телефонного и т.п. каналов в соответствии с важностью и об"емом подлежащих передаче сообщений.

При этом вычислитель должен выполнять как арифметические (например, вычисление статистических характеристик телеметрируемых параметров, расчет коэффициентов аппроксимирующих полиномонов и т.п.), так и логические (сравнения телеметрических измерений, оценка важности параметра, принятие решений об изменении параметров канала и т.п.) операций.

Важность этапа сжатия передаваемой с борта информации определяется трудностью ее извлечения и передачи и недопустимостью в связи с этим загрузки канала "бесполезной" информацией в ущерб качеству "полезной".

4. Приведение измерительной информации к виду, удобному для целей управления.

Этот вид обработки информации предполагает пересчет измеряемых параметров в поправки, реализуемые системой управления на том или ином этапе полета.

Поправки могут быть вычислены в виде разовых уставок на коррекцию или в виде текущих значений для непрерывного регулирования. Вычисление поправок может быть проведено с учетом априорной информации о движении и статистике ошибок измерителей.

5. Обработка результатов тестовых проверок аппаратуры радиотехнического комплекса.

Этот вид обработки предполагает оценку состояния аппаратуры и диагностику неисправностей.

6. Автоматический выход из некоторых наиболее вероятных аварийных ситуаций или выработка рекомендаций экипажу по оперативному выходу из таких ситуаций.

Этот вид обработки предполагает выбор из машинного словаря рекомендаций по устранению неисправностей, а в некоторых случаях и автоматическую выдачу команд (переключение на резерв и т.п.).

7. Управление бортовыми антеннами, в том числе антенными фазированными решетками. Сюда входят вопросы фазирования элементов антенных решеток с целью пространственного поиска и пеленгования об"ектов связи и выбора оптимальной формы диаграммы направленности антенны (с точки зрения энергетики или точности измерений).

8. Разработка программ работы отдельных подсистем комплекса. Имеется в виду выработка меток для переключений приборов и измерений режима их работы в зависимости от времени или других параметров, характеризующих работу об"екта.

Уже беглое рассмотрение функций вычислителя позволяет сделать некоторые выводы:

I. Бортовой специализированный вычислитель позволит идеологически об"единить разрозненные на сегодняшний день радиосистемы в единую информационную систему, решающую весь класс задач по радиоэлектронному обеспечению космических комплексов.

2, Элементы радиокомплекса при наличии специализированного вычислителя смогут быть многократно эффективнее использованы для решения различных задач на разных этапах полета, а избыточность структуры радиокомплекса позволит увеличить надежность решения общей задачи полета.

3. Многофункциональность вычислителя и жесткие требования, пред"являемые к его габаритам, весам и надежности, определяют необходимость его построения на базе микроэлектронной техники.

4. Уже в настоящее время имеются отдельные проработки математического обеспечения вычислителя, позволяющие провести проработку унификации алгоритмов для выполнения различных задач.

5. Структура вычислителя должна обеспечивать возможность работы с распределением времени и в составе комплекса с машиной системы управления и т.п.

Таким образом, в современном развитии космической радиоэлектроники наметилась тенденция идеологической интеграции, имеющая два аспекта:

I. Разработка единой аддитивной и адаптирующейся структуры дальнего радиокомплекса, предназначенного для обслуживания всех классов перспективных космических об"ектов лунных и межпланетных на всех участках их полета, начиная с околоземных орбит.

2. Подчинение единой идеологии максимального количества радиотехнических систем, установленных на борту КО, с целью более экономичного и надежного решения поставленных задач с максимальным привлечением бортовой вычислительной машины.

Первый аспект идеологической интеграции получил свое выражение в разработке НИР по созданию перспективного единого дальнего радиокомплекса. Этот НИР фигурирует в теме "Галактика" под шифром "Кристалл". В его основу положен проект ТЗ на ДРК под шифром "Квант".

Второй аспект проявляется, во-первых, в стремлении подчинить единой идеологии все бортовые радиосистемы (включая и антенные системы) на базе специализированной вычислительной машины и, во-вторых, в научно-исследовательских проработках по созданию систем, решающих комплексные задачи:

I) Автономных измерений и связи между двумя КО, обеспечивающих:

- взаимные измерения между двумя КО, в том числе между сидящими на поверхности планеты маяком и идущим на посадку КО;
- точную посадку КО в район маяка (с точностью до десятков, сотен метров) по данным измерений относительно маяка и поверхности Луны или планеты;
- передачу различных видов информации по линии борт-борт;
- дальнее сближение взлетевшего и орбитального кораблей вплоть до вхождения в зону действия прецизионной системы стыковки;
- стыковку двух кораблей.

[redacted]

В плане темы "Галактика" этим НИР присвоен шифр "Маяк".

Ближайшая перспектива применения системы "Маяк" – это решение задач лунной программы. Однако система должна проектироваться с учетом задач, выдвигаемых программой освоения Марса.

2) Налунной связи. В функции комплекса, обеспечивающего налунную связь, входят:

– организация связи между лунными поселениями и самоходными аппаратами (проводной, радиорелейной, спутниковой, с привлечением Земли как ретранслятора и т.д.);

– централизованный сбор информации с различных информационных точек и централизованная раздача информации на эти точки;

– налунная навигация.

В плане темы "Галактика" этим НИР присвоен шифр "Бирюза"

В рамках этой темы затронуты также некоторые вопросы организации связи и навигации на Марсе.

В перспективе системы "Маяк" и "Бирюза" должны иметь тесную связь с системой "Кристалл" ("Квант"). Так, например, наземные средства "Кванта" должны позволять осуществлять периодические проверки работоспособности радиомаяка, пребывающего длительное время на поверхности Луны. Задачи взаимных измерений в системе "Маяк" тесным образом перекликаются с задачами непосредственного измерения параметров траектории движения на борту КО в системе "Квант", и, по-видимому, будут решаться в одной вычислительной машине.

[redacted]

В системе "Бирюза" связь между разнесенными на значительные расстояния информационными точками на поверхности Луны может быть организована с использованием Земли (система "Квант") как ретранслятора. Кроме того, магистральная линия связи Земля-Луна-Земля также должна органически сопрягаться с системой "Бирюза".

Глава П

АНАЛИЗ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ПРОГРАММЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ЕЕ РАДИООБЕСПЕЧЕНИЯ

Как указывалось выше, структура перспективного космического комплекса "Квант" должна предусматривать возможность формирования на ее основе частных радиокомплексов для конкретных космических объектов на ближайшие IO-I5 лет.

Для удовлетворения этого требования необходимо проанализировать информационные потребности будущих КО. В последнее время предприятием ЦНИИМАШ предпринимаются попытки наметить перспективную программу освоения космического пространства в СССР [I - 8] . Приведенный ниже анализ основывается на этих материалах, а также на предаванпроекте ЦКБЭМ по созданию пилотируемого космического корабля для доставки экспедиции на Марс.

§ I. Лунная программа

Пилотируемые (Л1-и Л3) модифицированные и беспилотные автоматические (Е8, Е8-5) ракетные комплексы, предназначенные для первых рекогносцировочных полетов к Луне, включая посадку на ее поверхность и возвращение на Землю, можно считать обеспеченными средствами радиосвязи и навигации, кроме большебазного интерферометра, предназначенного для прецизионного измерения взаимных угловых расстояний между ЛК и ЛКР. Этот интерферометр предполагается ввести в эксплуатацию в I97Iг. С помощью этих радио-

средств планируется в 1971-1972гг. организовать на Луне первую советскую лунную обитаемую базу с транспортным обеспечением и временем активного существования до 10 суток.

После осуществления первых полетов планируется колонизация Луны, выдвигающая новые задачи перед космической радиоэлектроникой.

Предполагаются следующие этапы колонизации Луны Советским Союзом:

I этап(1972-1975гг.)

Создание временной лунной базы со сроком жизни 30 суток.

Для подготовки и обеспечения этого мероприятия предполагается использовать следующие средства:

- спутники Луны с достаточным временем активного существования, с помощью которых будет осуществлено картографирование Луны и выбор места базирования с учетом разных факторов;

- луноходы (типа К8), с помощью которых будут детально исследованы возможные места организации базы и расставлены приводные маяки, обеспечивающие точную посадку тяжелого КО.

Параллельно с организацией временной лунной базы предполагается доставить на Луну ряд автоматических станций различного научного назначения, таких как:

- астрофизическая обсерватория;
- медико-биологическая лаборатория;
- лунная метеорологическая обсерватория;
- навигационно-связная лаборатория и т.п.

Часть этих автоматических станций может понадобиться для проведения подготовительных работ по организации лунной базы или являться ее научно-техническим арсеналом.

К концу этого этапа к космическим радиосредствам предъявляются следующие новые требования:

- увеличение числа независимых каналов ДРК, по крайней мере, до 4-5;

- введение в эксплуатацию системы (или группы систем), обеспечивающей прицельную посадку КО на приводной маяк (или на систему маяков), взлет и стыковку в космосе двух аппаратов;

- введение в эксплуатацию системы, обеспечивающей картографирование Луны;

- введение в эксплуатацию систем, обеспечивающих возможность передвижения луноходов на значительные расстояния (лазерный радиолокатор препятствий и т.д);

- обеспечение связи между различными информационными точками на поверхности Луны;

- обеспечение связи с Землей движущегося лунохода (с помощью антенных систем с практически безынерционным управлением пространственным положением диаграммы направленности - антенные решетки);

- ввод в эксплуатацию первой очереди стационарной линии связи Земля-Луна-Земля;

- ввод в эксплуатацию гибкой адаптирующейся адресной телеметрической системы:

<u>II этап после 1975 г.</u>

Длительная лунная база "Колумб-I" с персоналом 4-6 чел. Время безремонтной работы - не менее I года; смена персонала через 3-6 мес.

Обеспечивающие средства: тяжелые ("Муравей") и легкие луноходы, лунолеты ("Цикада"), лунные автоматические станции,

спутники связи("Селенолог"),ста ционарная двухсторонняя линия связи с Землей, средства доставки грузов и людей.

Ш этап (1980-1983гг.)

Постоянная лунная база "Колумб-2" с персоналом 10 чел. и более. Время безремонтной работы - не менее трех лет, смена персонала - через 1 год. База обеспечивается развитыми средствами обеспечения П этапа, в частности, в качестве одного из вариантов средства транспортировки грузов и экипажа предполагается использовать "паром" с челночным маршрутом между ИСЗ и ИСЛ.

П и Ш этапы колонизации Луны требуют организации широко разветвленной сети связи с привлечением спутников Луны, систем ретрансляции, централизованного сбора информации и т.д. а также ввода в действие ста ционарной широкополосной линии связи Земля-Луна-Земля.

На этих этапах получат дальнейшее развитие методы навигационных измерений на Луне.

Кроме того, должно быть произведено дальнейшее увеличение числа независимых каналов ДРК до 7 для обслуживания спутников Луны, транспортных кораблей и т.д., а также решена проблема обеспечения связи с объектами, приводимыми в движение двигателями малой тяги ЭЯРД.

§2. Программа исследования дальнего космоса

Центральное место в перспективных планах исследования дальнего космоса на ближайшие 10-15 лет занимает проблема исследования Марса с высадкой, в конечном итоге, на его поверхность экспедиции. По значимости и объемам подготовительных

работ эта проблема превосходит всю остальную часть общей программы исследования дальнего космоса.

Программу исследования Марса предполагается реализовать в несколько этапов .

I этап исследования легкими автоматическим аппаратами 1971-1973 гг.

В 1971 г. предполагается запустить объект М-71. Основная задача - мягкая посадка на Марс автоматической лаборатории и получение с ее помощью разнообразной научной информации в непосредственной близости и с самой поверхности планеты (включая фототелевизионную информацию).

Кроме того, с орбитального отсека предполагается осуществить многократное фотографирование Марса. Этот этап может не закончиться посылкой одного объекта в 1971 г., а продлиться до 1973 г.

На этом этапе запланировано создание восточного космоцентра в НИП-15 на базе приемной антенны П-400 с принятием специальных мер по обеспечению ее повышенной эффективности (Э = 6÷7) и передающей антенны КТНА-200, оснащенной передающими устройствами с общей мощностью до 80 квт.

Следует отметить, что отсутствие больших антенн типа П-2500 в значительной степени ограничивает информационный вклад этого этапа в общую программу исследования Марса.

[redacted]

[redacted]

II этап. Получение информации о планете, необходимой для осуществления безопасных пилотируемых полетов

Эти исследования предполагается осуществить в 1973-1975гг. с помощью тяжелых автоматических комплексов, в том числе мобильных и возвращаемых.

1973 г. является менее благоприятным, чем 1971г. с точки зрения старта к Марсу. Тем не менее, по мнению ЦНИИМАШ, в этом году целесообразна доставка на Марс автоматической биолаборатории (АБА). в 1975 г. предлагается осуществить запуск Марсианского автоматического комплекса (МАК). Комплекс должен состоять из одного орбитального аппарата и двух спускаемых, доставляющих на поверхность Марса тяжелые самоходные лаборатории с длительным сроком активного существования. Основная задача - детальное исследование планеты (минералогический анализ, топосъемка и выбор удобных и интересных для высадки человека районов, глобальное картографирование, анализ степени биологической опасности и т.д.). С помощью самоходных лабораторий должен быть выбран район и расставлены маяки для посадки (запуск в следующий астрономический срок) объекта ДИМ - доставка информации с Марса. В этом районе должен быть подготовлен контейнер с отобранными пробами пород и запоминающими устройствами с информацией, предназначенной для доставки на Землю.

К новым требованиям, предъявляемым к радиосредствам на этом этапе, можно отнести:

- обеспечение посадки спускаемого аппарата (СА) в выбранный заранее район Марса;

- консервацию на поверхности Марса на длительное время радиомаяков для обеспечения прицельной посадки последующих

[redacted]

аппаратов;

- создание системы прицельной посадки, взлета и стыковки, а также связи между маяком и спускаемым аппаратом;

- создание высокоинформативной радиолинии борт-орбитального аппарата (БОА) - Земля. На базе больших наземных антенн типа П-1500 с эффективностью не менее 30÷50;

- создание высокоинформативной радиолинии БОА-БСА;

- передачу цветных изображений с поверхности Марса (возможно, в структуре малокадрового телевидения);

- создание систем навигации и связи на поверхности планеты, системы пеленгации и связи между самоходными установками (а, возможно, и базой).

III этап. Отработка средств и принципов пилотируемых полетов в околоземном космическом пространстве и при лунных экспедициях

На этапе, который должен проходить во времени параллельно с предыдущими, предполагается создание на орбите ИСЗ специального космического экспериментального центра (КЭЦ). Работы по созданию КЭЦ предлагается начать с 1973 г. с использованием блоков "В" ракеты Н-1, а в 1975 г. - с использованием блоков марсианского пилотируемого комплекса. К 1978 г. должна быть закончена отработка всех систем марсианского космического корабля (МОК).

Главной специфической особенностью полетов к Марсу является их большая продолжительность (до 2-3 лет).

При требовании абсолютно надежного выполнения задачи эта особенность приводит к необходимости построения на новых принципах всего бортового радиокомплекса. Уже сейчас можно сказать, что обеспечение абсолютной надежности в течение 2/3 лет

возможно только при внесении структурной и функциональной избыточности на базе комплексного внедрения микроэлектроники и вычислительной техники.

IУ этап Пилотируемый облет Марса 1978 г.

Начало изучения дальнего космоса с помощью пилотируемых космических кораблей предлагается положить запуском пилотируемого межпланетного комплекса для облета Марса и Венеры по бипланетной траектории (МАВР).

У этап Экспедиция с высадкой человека на Марс

На этих заключительных этапах ближайшей марсианской программы космические радиокомплексы не должны включать в себя новой по сравнению с предшествующими этапами радиоаппаратуры.

Безусловным требованием, предъявляемым ко всем радиосистемам, принимающим участие в пилотируемом полете к Марсу, является их детальная отработанность на базе многолетнего накопления статистики их поведения в различных условиях. Это может стать реальным только при строжайшем соблюдении "идеологической дисциплины" во всех разработках, когда при решении задач всей программы освоения космического пространства будут использоваться по возможности одинаковые системы и приборы.

Кроме основной проблемы исследования Марса обсуждаются планы исследования остальных планет Солнечной системы, расположенных как внутри орбиты Земли (Венера,Меркурий, Солнце), так и вне ее планеты-гиганты).

Эти планы выдвигают перед космической радиоэлектроникой следующие основные задачи:

- обеспечение дальности действия ДРК до 5-6 млрд. км на базе антенны "Юпитер";

- обеспечение живучести аппаратуры в течение длительного промежутка времени 10-12 лет;

- обеспечение работоспособности радиоаппаратуры в условиях повышенной радиации;

- обеспечение средств исследования условий распространения электромагнитных волн и диаграмм их обратного рассеивания поверхностью планеты, средств планетографирования рельефа планеты и других характеристик планет и межпланетной среды.

[redacted]

Глава Ш

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ПОИСКОВЫХ РАБОТ В СООТВЕТСТВИИ С ТЕМОЙ "ГАЛАКТИКА"

Приведенный выше краткий очерк проекта программ космических исследований в СССР и выдвигаемых этой программой новых проблем перед космической радиоэлектроникой определяет направление, этапы и темпы развития космических средств передачи и приема информации, а также навигации.

Вероятно, сама программа и сроки ее реализации могут претерпевать значительные изменения, тем не менее структуры космических радиосистем, разрабатываемых в НИИ приборостроения, должны предусматривать возможность наращивания средств, обеспечивающих выполнение этой программы-максимум.

На основании накопленного в НИИ приборостроения опыта по разработкам и внедрениям сложных космических радиосистем, анализа разработок других институтов (т.Ш), анализа предложений ЦНИИМАШ по отечественной программе освоения космического пространства на период 1970÷1985 гг. и предаванпроекта ЦКБЭМ по созданию пилотируемого космического корабля, предназначенного для высадки экспедиции на Марс, а также сопоставления этих программ с аналогичными программами США (см. приложения п.I П2,П3), предпринята попытка выработать основные концепции НИИ приборостроения по тематике исследования дальнего космоса.

I. На современном этапе развития космической радиоэлектроники прогрессивной является тенденция идеологической интеграции, выражающейся в подчинении единому идеологическому плану

[redacted]

учитывающему перспективы 10–15 лет, всех разработок в области космической радиоэлектроники.

2. Первым аспектом этой тенденции является проектирование единой аддитивной и адаптирующейся структуры многообъектовой и многофункциональной космической радиосистемы, предназначенной для обеспечения совместных и раздельных полетов большого числа пилотируемых и беспилотных объектов, находящихся на монтажных и высоких геоцентрических орбитах, на трассах полета к Луне и планетам Солнечной системы, на спутниковых орбитах планет и на их поверхностях.

Частные бортовые радиокомплексы под конкретные объекты будут набираться из ограниченной шкалы приборов, а наземный командно-измерительный комплекс будет планомерно наращиваться по этапам, соответствующим срокам создания определенных космических объектов.

Конкретным частичным воплощением этой идеи является техническое задание на радиокомплекс "Квант".

Одним из наиболее важных последствий разработок и внедрения единой структуры ДРК явится возрастающая от объекта к объекту надежность частных радиокомплексов, поскольку будет обеспечен постоянный набор статистики по отказам многократно применяемых принципов, систем и приборов. Такой подход становится необходимым для решения задачи радиообеспечения экспедиции на Марс, планируемой в 1978–1980гг.

3. Вторым аспектом тенденции идеологической интеграции является комплексная завязка возможно большего числа радиосистем, которыми комплексируются космические объекты. При этом антенные устройства должны рассматриваться как неотъемлемая часть бортового радиокомплекса. Комплексный подход поз-

волит, с одной стороны, устранить ненужное дублирование функций различными системами, а, с другой – ввести функциональную избыточность, которая может быть использована для повышения надежности решения задачи в целом. Кроме того, комплексный подход позволит сократить номенклатуру применяемых на борту деталей, что повысит общую надежность бортовых систем.

Современными и перспективными техническими средствами, способными обеспечить реализацию преимуществ общей идеологии бортовых систем, являются микроэлектроника с ее практически неограниченными возможностями введения структурной избыточности и стереотипностью элементов и бортовая специализированная вычислительная машина, объединяющая бортовые радиосистемы в единый бортовой радиокомплекс. По-видимому, только внедрение этих средств может решить проблему обеспечения живучести радиокомплекса в течение продолжительного срока трех лет и даже 10.

4. Постоянно возрастающая дальность полета космических объектов (а следовательно, и время распространения сигнала) и увеличение количества совершаемых ими маневров вблизи планет и на их поверхности выдвигают проблему автономизации объектов. Прямыми следствиями тенденции автономизации объектов являются:

– необходимость обеспечения возможности производить измерение параметров траектории движения объекта непосредственно на борту, используя Землю как ретранслятор;

– создание автономных систем припланетной навигации и связи, обеспечивающих измерение относительно поверхности планеты, взаимные измерения между сидящим на поверхности маяком и СА, прицельную посадку на маяк, взлет и стыковку с орбиталь-

ным аппаратом, а также обмен информацией между двумя КО. Подобно перспективной системе ДРК, структура автономной системы должны строиться на адд итивной основе, позволяющей набирать из стандартизованных и многократно испытанных узлов подкомплексы с ограниченными функциями, например, специализированную навигационную систему без функций связи.

Длительное время распространения делает невозможным оперативное вмешательство Земли в процессы, протекающие на КО, поэтому все возрастающий объем телеметрической информации должен реализовываться в значительной степени непосредственно на борту автоматически или полуавтоматически;

Возникает- необходимость предварительной обработки на борту телеметрической информации с целью устранения ее избыточности при передаче по каналам связи на Землю.

[redacted]

Глава IУ

КРАТКИЙ ОБЗОР ИТОГОВОГО ОТЧЕТА НИИ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ ПО ТЕМЕ "ГАЛАКТИКА"

В соответствии с частными техническими заданиями, выданными ЦНИИ МАШ по теме "Галактика", в НИИП разработан итоговый научно-технический отчет, состоящий из ряда томов, книг и приложений к ним.

Ниже дается перечень и краткие аннотации этих материалов.

Том I. Основные направления развития космической радиоэлектроники (настоящий том).

Том П. Исследование путей построения единого многооб"ектового и многофункционального космического радиокомплекса "Квант" (подтема "Кристалл").

Том П состоит из шести книг:

Книга I. Унифицированная структура и основные принципы построения комплекса "Квант".

В этой книге на основании анализа предшествующих разработок и планов по освоению космического пространства обоснована необходимость создания единой аддитивной адаптивной структуры дальнего радиокомплекса, предложена такая структура, обоснован выбор рабочих диапазонов радиоволн, проанализированы различные способы передачи различных видов информации и выбраны оптимальные для наиболее типичных ситуаций. Приведены основные параметры бортовой и наземной частей комплекса.

[redacted]

[redacted]

Книга 2. Исследование путей развития наземного командно-измерительного комплекса.

В этой книге исследуются основные принципы построения перспективного наземного командно-измерительного комплекса, рассмотрены вопросы распределения функций между НИП в составе КИК, необходимое техническое оснащение НИП капитальным оборудованием, взаимодействие НИП при управлении различными классами об"ектов.

Приведены основные параметры и принципы построения приемных и передающих систем, высокостабильных генераторов эталонных частот, аппаратуры выделения и обработки информации. Предложены методы измерения параметров траектории движения различных об"ектов и принципы их аппаратурной реализации.

Рассмотрены некоторые вопросы автоматизации работы НИП. Предлагаются некоторые варианты построения аппаратуры комплекса, основанные на цифровых методах обработки сигнала. Предложены организационные и технические мероприятия по повышению эксплуатационных характеристик и обеспечению технологичности аппаратуры.

Предложены методы оценки надежности НИП КИК и намечены некоторые пути повышения надежности.

Книга 3, ч.I и 2. Перспективы развития наземных и бортовых антенно-фидерных устройств.

В книге приведены данные по существующим и перспективным наземным приемным и передающим антеннам, исследованы пути создания антенн с большой эффективной площадью(~~большая параболическая антенная Л-1500, "стадо" антенны~~), исследованы перспективы развития антенн для корабельных радиокомплексов, исследованы перспективы системы управления большими антенными комплексами.

[redacted]

В части бортовых антенных устройств приведены результаты исследований путей построений бортовых параболических антенн с системами управления и антенных решеток различного назначения, исследовано влияние факела тормозного двигателя на работу маячно-приводной системы.

Книга 4 Основные принципы построения перспективной телеметрической системы для широкого класса космических объектов.

В книге исследованы принципы построения многоцелевой адаптивно-адресной телеметрической системы, проблемы устранения избыточности информации в бортовых условиях, разобраны вопросы проектирования автономного телеметрического радиоканала, приведено описание схемы построения бортовых перспективных телеметрических систем "Селена-I" и "Логика". Кроме того, приведены планы на НИР и ОКР.

Книга 5 Космические телевизионные системы.

В томе рассмотрены вопросы, касающиеся принципов построения космических ТВ систем широкого применения.

Приведен обзор задач, решаемых КТС, и рассмотрены перспективные задачи на ближайшие годы. Основное требование, предъявленное к КТС широкого применения, - система должна быть адаптивной по основным параметрам. Такая система должна обладать следующими особенностями:

а/ работать в широком диапазоне скоростей передачи изображения (от стандартного телевидения до фототелеграфа);

б/ использовать на приемном пункте единую, не зависящую от выбранной скорости передачи, систему наблюдения и регистрации изображения;

г/ обеспечивать совместимость со стандартной широковещательной ТВ системой без потерей качества исходного изображения;

д/ при необходимости обеспечивать засекречивание передаваемого изображения. Показано, что сочетание передающей трубки с регулируемой памятью и стробоскопического метода передачи изображения позволяет создать ТВ систему, удовлетворяющую вышеперечисленным требованиям.

В томе приведены варианты построения как бортовой, так и наземной аппаратуры, а также рассмотрены различные варианты передачи сигнала изображения и синхронизации. Рассмотрено применение ТВ системы, как средства для отображения, управления и измерения на примере объектов Е8 и Л3.

Показано, что стробоскопическая ТВ система позволяет передать цветное и объемное изображения, а также обеспечить ТВ связь на лунной поверхности и на сверхдальние расстояния.

В томе приведены результаты разработки стробоскопической ТВ системы для объекта Е8. Том заканчивается перечнем НИР и ОКР работ, которые необходимо произвести в процессе разработки системы.

Книга 6, ч.I и 2. Системы управления антеннами дальней космической связи.

В книге дан обзор отечественных и зарубежных систем управления антеннами. Показаны тенденции развития прецизионных систем управления. Описаны перспективные антенные комплексы и системы их управления.

Том Ш. Проблемы создания автономного радиоэлектронного космического комплекса, обеспечивающего околопланетную навигацию пилотируемых и автоматических космических аппаратов (подтема "Маяк").

В томе рассмотрены основные пути развития радиоэлектронных средств околопланетной навигации космических объектов, определены роль автономных радиоэлектронных систем в реализации долговременной программы освоения космического пространства и облик будущих автономных радиоэлектронных систем и типовой состав измерений на различных этапах околопланетной навигации.

Далее приведены описания математической модели системы и моделирующей программы. Приведены первые результаты моделирования.

Рассмотрены вопросы аппаратурного обеспечения задач околопланетной навигации, дан обзор основных существующих и проектируемых решений с точки зрения соответствия их общим принципам построения автономного радиокомплекса. Специальное внимание уделено маячной измерительной системе, для которой рассмотрен ряд общих вопросов (диапазон волн, требования к антенной системе, энергетика, принципы измерения углов, влияние сигналов, отраженных поверхностью Луны), а также основные варианты аппаратурного решения с рекомендацией наиболее перспективных.

Дан подробный предварительный анализ варианта маячной системы на базе ЧМ измерителя. Рассмотрены аппаратурные погрешности измерений, вопросы поиска и захвата цели, вопросы устройчивости, общие принципы прострoения тракта угловых измерений и схемы подавления сигналов, отраженных поверхностью Луны, а также исходные соображения о весовых характеристиках ЧМ измерителя.

Предложен план работ по развитию автономных радиоэлектронных комплексов в целом по бортовым вычислителям, измерителям, а также по программам научных исследований.

К тому Ш имеется 3 приложения. В первом приведены материалы МНИИП о развитии работы по посадочным радиолокаторам, во втором – некторые результаты расчетов для маячной системы с маневром частоты, в третьем – предварительные расчеты, относящиеся к проблеме планетографирования.

Том IУ. Основные принципы построения систем связи между неподвижными и подвижными объектами, расположенными на поверхности Луны или планеты.

В томе изложены предварительные, главным образом, обзорные материалы по системе связи на Луне и планетах.

Конкретное проектирование в настоящее время затруднено в связи с отсутствием необходимых данных об условиях распространения радиоволн на Луне и планетах, а также в связи с неясностью вопросов, связанных с высадкой экспедиций на Луну и планеты.

Помимо общих вопросов организации связи на Луне в томе рассмотрены варианты осуществления связи на поверхностных волнах с помощью радиорелейных линий, через лунные спутники связи, с помощью проводных линий связи, а также с исполвзованием Земли в качестве ретранслятора. Произведено сравнение этих вариантов.

Рассмотрены также вопросы организации связи с перемещающимися космонавтами и луноходами.

Уделено некоторое внимание общим вопросам организации связи на Марсе.

В частности, касающейся вопросов навигации на Луне и планетах, рассмотрены возможности разработки лазерных приборов локатора для планетохода и измерителя скорости и пути.

В заключение приведены перечни научно-исследовательских работ в области создания систем связи и навигации на Луне и планетах.

Том У. Во просы применения методов, изделий и технических средств микроэлектроники для реализации аппаратуры перспективных радиоэлектронных систем.

В томе дана общая характеристика микроэлектроники как технического и научного направления и показано, что арсенал технологических, схем отехнических, производственных и научных средств микроэлектроники является универсальной базой обеспечения технического прогресса радиоэлектронных систем 1970-1980гг.

В томе освещены принципы организации вычислительных систем на основе средств микроэлектроники, показано, что их развитие существенно изменяет представления о рациональной структуре вычислительных устройств и может резко повысить информа-

ционную производительность и надежность бортовых и наземных вычислительных комплексов. Из рассмотрения принципов реализации однородных вычислительных средств делаются выводы об особой перспективности цифровых интегрирующих машин для применения в бортовых комбинированных комплексах.

Рассматриваются цифровые методы обработки радиотехнической информации. Показано, что микроэлектроника создает благоприятные предпосылки для успешной разработки фазированных многоэлементных антенн как для больших наземных радиотехнических систем, так и для бортовых систем космических аппаратов.

Описаны принципы конструирования СВЧ микроэлектронных схем для приемо-передающей аппаратуры, показана перспективность работ по созданию бортовых прецизионных стандартов частоты.

Обсуждаются перспективы разработки унифицированных рядов линейных интегральных схем общего применения, подчеркивается, что использование микроэлектроники, кроме известных преимуществ, дает также возможность улучшения важных радиотехнических характеристик аппаратуры.

В разделе, посвященном технологическим проблемам микроэлектроники, приводятся современные методы изготовления микроэлектронной аппаратуры. Подчеркивается, что специфика технических средств микроэлектроники требует комплексного развития и переоснащения лабораторий, конструкторской и производственной базы предприятий, разрабатывающих электронные системы.

Дан обзор технических функциональных микроэлектронных компонентов и устройств (применение оптоэлектроники, мневмоэлектроники, эффекта Ганна и др.) как основной перспективы

работ по комплексной микроминиатюризации радиосистем.

Рассматривается проблема надежности микроэлектронной аппаратуры.

В заключение дается перечень НИР и ОКР, необходимых для развития микроэлектроники в НИИП.

Том УI. Методы анализа обеспечения и контроля надежности аппаратуры космической техники.

В томе рассмотрены вопросы, касающиеся методов анализа контроля и обеспечения надежности аппаратуры космической техники. Методы анализа приведены дифференцировано по критерию внезапных отказов, а также с учетом влияния деградации параметров с течением времени. В материалах тома перечисляются влияния условий функционирования аппаратуры на Луне и анализируются методы испытаний аппаратуры, имитирующие эти условия включая методы испытаний на хранение. Наиболее полно рассматриваются методы испытаний на механические воздействия.

Произведен анализ методов обеспечения надежности аппаратуры, в частности, с помощью микроэлектроники. Показано, что аппаратура с перестраивающейся при появлении отказов структурой обладает высокой надежностью и живучестью, и применение такой аппаратуры в сочетании с методами микроэлектроники - один из наиболее эффективных путей обеспечения надежности космических объектов.

В томе приведены также методы статистической обработки информации об отказах, целью которых является получение апостериорной оценки надежности.

Том заканчивается выводами, характеризующими научно-техническую и организационную стороны дела обеспечения надежности космической аппаратуры.

В выводах на ряде примеров показано, что в организации работы по обеспечению надежности существует параллелизм и распыление сил специалистов. В стране отсутствует единая система сбора информации об отказах космической аппаратуры и координация в проведении НИР и ОКБ в области надежности.

Обоснована необходимость создания единого координационного органа, направляющего методически и организационно деятельность подразделений надежности предприятий, разрабатывающих радиоэлектронную аппаратуру. Отмечено, что при технических управлениях министерств должны быть созданы группы из нескольких человек квалифицированных специалистов, организующих работу подразделений надежности данного министерства и увязывающих эту работу с работой аналогичных предприятий других министерств.